

## 홍천군 산지농업지대의 토양침식취약성 분석

김기성 · 허성구\* · 정영상 · 김지만\* · 임경재

강원대학교 농업생명과학대학 · \*강원대학교 대학원

### Analysis of Soil Erosion Vulnerability at Alpine Agricultural Fields of HongCheon County

Kim, Ki-Sung · Heo, Sung-Gu\* · Jung, Yeoug-Sang · Kim, Ji-Man\* · Lim, Kyoung-Jae

College of Agriculture, Kangwon National University · \*Graduate Student, Kangwon National University

**ABSTRACT** : It has been well known that soil erosion and sediments from alpine agricultural fields are causing severe water quality and turbidity problems in receiving waters. Also these result in the loss of money because farmers have to buy top soils to provide enough root zone in the following year. Thus, there have been needs to reduce soil erosion and sediment discharge into the stream networks. To accomplish this end, an effective erosion control plans should be developed based on scientific research, not by rule of thumb. The Universal Soil Loss Equation (USLE) has been widely used to estimate the soil erosion in many countries over the years. In this study, the USLE was used to estimate soil erosion potential under different cropping scenarios in HongCheon County, Kangwon. The soil erosion potential for continuous corn cropping was the highest compared with those from continuous potato and average cropping scenarios. This indicates the soil erosion plans need to be established considering cropping system in the field. The Unit Stream Power Erosion-Deposition (USPED) was applied for HongCheon County to estimate soil erosion and deposition areas. The USPED estimated results can be used to complement USLE results in developing effective erosion control plans.

**Key words** : Cropping, GIS, Soil erosion, Soil loss, USLE, USPED

### 1. 서론

산업의 발달과 더불어 환경문제가 지구적인 이슈로 부상하면서 농업환경문제도 국제사회에서 본격적으로 대두되고 있다. 그 중 토양유실은 작토 층의 훼손이라는 자원손실의 측면뿐만 아니라, 양분, 농약 등의 동반이동을 유발하기 때문에 (Organisation for Economic Co-operation and Development: OECD) 농업환경지표를 비롯한 국제규범에서 농업에 의한 환경부하의 핵심문제로 제기되고 있다. 그 중 논과 밭에서 발생하는 토양유실과 비점오염원의 심각성이 부각됨에 따라 토양유실을 억제하기 위한 연구가 활발히 이뤄지고 있다. 이것은 토양유실이 발생하는 것 자체의 문제라기보다 유실된 토양이 하천으로 유입되고 유실된 토양에 흡착되어

이동되어 온 인과 같은 영양물질로 인한 부영양화 같은 문제가 크기 때문이다. 부영양화의 원인이 되는 오염물질은 주로 하천으로 방류되는 생활하수나 축산폐수 또는 농경지에서 발생하는 유출수와 유실된 토양 등이 있다. 특히 논과 밭의 입지는 용수공급이 용이한 하천이나 계곡 주변에 인접하고 있어 하천의 주 오염원이 되고 있다. 토양침식의 발생원인은 크게 바람에 의한 침식과 물에 의한 침식으로 구별할 수 있다. 바람에 의한 이송은 토립자표면에 작용하는 풍력에 기인되며 각 토양별 토립자 크기, 입자간 응결력에 따라 토립자가 이송되는데 필요한 최송풍속 (한계풍속: threshold velocity)에 도달되면 부유 (suspension), 도약 (saltation), 및 표면포행 (surface creep) 형태로 이송되며 대부분(약 93%정도)은 부유입자의 형태로 지표면 1m 이내에서 떠다닌다. 물에 의한 침식은 농작물이나 곡물이 재배되는 곳이면 어디에서나 발생하는 농업문제 중의 하나로 토양으로 떨어지는 빗방울이나 지표면을 흐르는 물의 에너지

Corresponding author : Lim, Kyoung-Jae

Tel : 033-250-6460

E-mail : kyoungjaelim@paran.com

에 의해 발생된다(박무종과 손광익, 1998). 국부적으로 하천제방이나 하천구조물의 안정을 해치며, 농경지의 비옥한 토양을 유실시키고, 토양이송은 터빈이나 펌프와 같은 수력기계를 마모시키며 더 나아가서 상수처리 등에 문제를 야기시킨다. 또한 유사에 의한 토사퇴적의 경우 홍수 시에 운반된 토사가 범람하여 농경지에 퇴적되면 농경지를 매몰하거나 비옥한 표토를 덮기도 하고, 하천 내에 퇴적되면 하천의 통수능단면을 축소시켜, 홍수범람 규모를 증대 시키고, 저수지내에 퇴적되면 저수용량을 감소시킨다. 따라서 토양유실에 대한 관측이 필요하며, 강우타격이나 우수작용으로 발생한 오염물의 이동경로를 파악함으로써 사전에 수질오염방지 대책을 세울 수 있어야 한다. 하지만 유역내 토양 침식량을 정확하게 추정하는 방법은 현실적으로 불가능하며, 현재로서 가장 바람직한 방법은 유사한 지역의 토양 유실량 실측자료를 이용하는 것이다. 그러나 실측자료가 없는 경우에는 미국에서 개발된 범용 토양 손실 공식인 Universal Soil Loss Equation (USLE)과 같은 토양 손실 추정방법을 이용할 수 있다(구본준, 2002). USLE를 우리나라의 지형조건에 맞게 적용시키기 위한 많은 연구를 시행하였는데, (정필균 등, 1985)은 83가지 토양조건을 바탕으로 토양침식성인자(K)를 우리나라 조건에 맞도록 적용시킬 수 있는지 평가해보았다. (김상욱, 1995)은 경안천 소유역에서 87년에서 92년까지의 녹지변화에 따른 유역내 토양유실량의 증감을 분석하였고, (김운종 등, 1993)은 충주호 주변에서 지역공간자료의 특성에 의하여 광역적 토양유실분석과 비점원 오염원을 분석하였다.

USLE 모형은 농업지역의 토양유실량을 산정하기 위하여 Wischmeier와 Smith (1965)에 의해 처음 제안되었다. 토양유실량에 영향을 주는 주요 인자들은 강우량, 지형, 지표면의 피복상태, 토양입자의 구성비 등을 들 수 있는데 이 모형이 개발될 당시 강우에 의한 토립자의 이탈 및 운송에 의한 침식성(R)에 보다 많은 연구가 집중되었다. 이후 USLE의 단점을 보완한 Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)가 개발되어 이용되어 오고 있다(권형중 등, 2002). RUSLE은 USDA Agriculture Handbook 282 (Wischmeier와 Smith, 1978)를 근간으로 하여 지피, 토양 수분 상태 등과 관련된 일부 인자를 보완한 후 전산화한 것이다(Renard 등, 1997).

이 USLE 모형을 이용하여 고랭지 논과 밭에서의 작물별 토양유실량을 모의하는데 사용하였다. 그러나 실제 자연에서는 유실된 토양이 하류지역으로 이동하면서 지형의 형상에 따라 퇴적이 일어나기도 한다. 토양유실량 산정뿐만 아니라, 상대적으로 토양유실 발생 지역과 유실된 토양이 퇴적되는 지역을 모의하는 것이

중요하다. 토양유실에 관한 연구는 토양유실방지 대책까지 제시해 주어야 하므로 침식-퇴적 지역까지 분석할 수 있는 모델을 적용해야만 한다. 그러나 USLE 모델은 이러한 침식-퇴적 지역에 대한 지형분석기능이 없기 때문에 Mitasova 등(1996)에 의해 개발된 The Unit Stream Power Erosion-Deposition (USPED) 모델로 이를 보완할 수 있다. 이 모델은 유실과정에서 발생하는 운반능력에 대한 침전을 예측과 유실토양의 공간분석 예측모델이며, 간단하고, 정상적인 조건하일 때 강우에 의한 침식-퇴적 지역을 예측 할 수 있다. 토양유실방지 대책을 세우기 위해서는 지형에 따라 토양 침식과 퇴적이 일어나는 지역을 분리하여 퇴적이 일어나는 지역이 아닌 침식이 일어나는 지역에 효율적인 토양유실방지 대책을 세우는 것이 중요하며, 상대적으로 침식이 많이 일어나는 지역은 토지피복이나 경작방법의 개선을 통해 침식을 줄일 수 있고, 상대적으로 퇴적이 많이 발생하는 지역은 사전에 침사지 등의 시설을 설치하는 대책을 모색할 수 있기 때문이다.

따라서 본 연구의 목적은 USLE 모형을 이용하여 고랭지 경사에서의 홍천군내 농경지 (논과 밭)에 대해서 작물별 토양유실량 발생 취약성에 대하여 모의 하였다. USPED 모형을 이용하여 토양침식과 퇴적지역을 공간적으로 분석 모의 하여 작물재배에 따른 토양유실 발생가능성과 토양유실 취약성에 관해 모의 하였고 효율적인 토양유실방지 대책을 세우기 적합한 지역을 USPED 모델로 검토하는데 있다.

## II. 연구대상 지역 및 방법

### 1. 연구대상 지역

연구대상 지역은 강원도 홍천군의 논농사와 밭농사 지역으로 하였다. 홍천군의 총 경지면적 17,484ha 중에 논이 6,724ha이고 밭이 17,484ha로 논과 밭의 비율은 40%와 60%를 차지하고 있다. 밭농사지역은 주로 감자, 배추, 무, 옥수수가 경작되고 있다. 그림 1은 연구 대상 지역인 홍천군 행정경계를 나타내고 있다.

### 2. 토양침식량 분석

#### 가. USLE를 이용한 토양침식량 분석

토양침식량에 영향을 주는 주요 인자들은 강우량, 토양침식, 지형, 지표면의 피복상태, 토양입자의 구성비 등을 들 수 있다. USLE는 식 (1)과 같이 강우특성, 토양의 종류, 지형, 식생의 피복정도 및 토양관리 방법 등과 관련된 인자들을 고려하여 토양유실량을 계산한다.

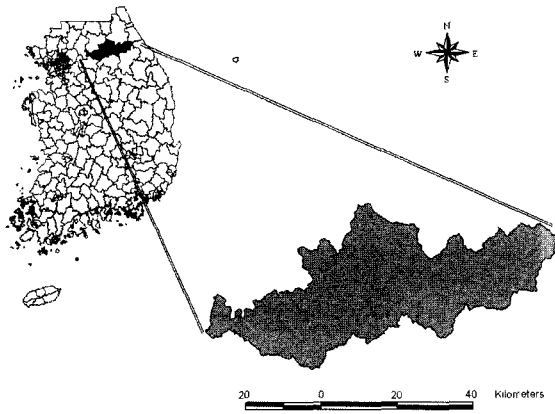


그림 1. HongCheon, Kangwon, Korea

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

- A : Annual Average Soil Erosion (ton/ha/year)
- R : Rainfall Runoff Erosivity Factor
- K : Soil Erodibility Factor
- LS : Slope Length and Slope Steepness Factor
- C : Cover Management Factor
- P : Support Practice Factor

1) 강우침식능인자 (R)

본 연구에서는 30분 강우강도(I30) 데이터 부족으로 정 (1999)에 의해 계산된 행정구역별 강우침식능인자를 이용하였다. 표 1은 강원도 지역의 행정구역별 강우인자 (R)를 나타낸다. 본 연구에서는 홍천군에 해당하는 R factor를 사용하였다.

2) 토양침식성인자 (K)

토양침식성 인자 (K factor)는 Williams (1975)에 의해 제안된 식 2를 이용하여 산출하였다. 이때 토양내 점토, 실트, 모래의 함량구성비를 이용하여 1:25000의 정밀

표 1. USLE R Factors for Administrative Districts in Kangwon Province (정영상 등, 1999)

Administrative District	R factor	Administrative District	R factor
Kangnung	297	Kosung	250
Samchok	215	Sokcho	255
Yangyang	255	Yongwol	350
Wonju	578	Inje	294
Cheolwon	400	Chuncheon	464
Hwacheon	450	Hongcheon	417
Yanggu	350	Pyongchang	269
Chongson	250	Hoengsung	400

토양도를 이용하였다. 홍천군 지역의 토양침식성 인자 (K factor)의 범위는 그림 2에서 보이는 바와 같이 0.03 ~ 0.52의 범위를 보였다.

$$K = (0.2 + 0.3 \exp(-0.0256SAN(1 - (\frac{SZ}{100}))) \times (1.0 - (\frac{0.25CLA}{CLA + \exp(3.72 - 2.95C)})) \times (1.0 - (0.7 \frac{SM}{SM + \exp(-5.51 + 22.9SM)})) \quad (2)$$

3) 경사와 경사장 인자 (LS)

본 연구에서는 경사와 경사장 인자 값을 구하기 위하여 Moore와 Burch (1986)에 의해 제안된 방법을 이용하였다. RUSLE Users Guide (Forster 등, 1996)에 의하면 USLE 모형의 개발에 사용되었던 시험포의 경사장은 10.7m (35피트)에서 91.4m (300피트)이기 때문에, 122m (400피트) 보다 짧은 경사장을 이용하기를 권하고 있다. 그러나 강원도의 연구지역의 경우 경사장이 긴 곳이 많이 있기 때문에, 본 연구에서는 최대 경사장 150m를 이용하였다. 사용된 Digital Elevation Model(DEM)의 셀 크기가 10m이기 때문에 Flow Accumulation의 상한값을 15로 정하였고, 15 이상의 셀의 경우 15값을 동일 적용하였다. 논은 평지로 가정하여 경사도를 적게 적용하는 것이 현실적이라고 판단하여 정영상 등(1999)에 의해 제안된 LS인자 값 0.2를 적용하였다. 그림 3은 홍천군의 LS 인자를 나타낸 그림이다.

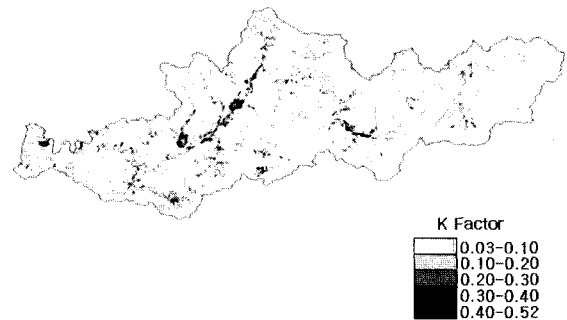


그림 2. USLE K Factor for HongCheon County

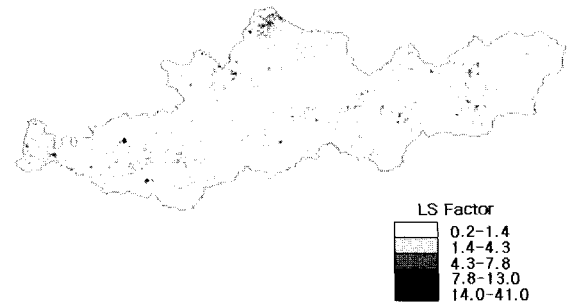


그림 3. USLE LS Factor for HongCheon County

표 2. USLE C Factor for Different Crops (정영상 등, 1999)

Land Use	C
Paddy Land	0.06
Uplands	Average C Factor 0.2
	Potato 0.3
	Corn 0.47

4) 식생피복인자 (C)

홍천군에 적용된 식생피복인자는 표 2에서 보이는 바와 같이 정영상 등(1999)에 의해 제안된 작물별 인자 값을 이용하였다. 밭작물에 따른 식생피복인자 값은 평균 작물, 감자, 그리고 옥수수 세 경우에 대한 값을 이용하였다. 여기서 평균작물이라 함은 콩, 옥수수, 깨, 감자 등과 같이 일반적으로 재배되는 작물들의 평균적인 C값을 말한다.

5) 작물경작인자 (P)

작물경작인자는 보전영농시설과 경작방법 등에 의한 토양 침식량의 감소를 설명하는 값이다. 이는 등고선 재배, 등고선 대상재배 및 테라스 조성 등으로 인한 효과를 나타내며 상하경(up and down tillage)에서의 토양 유실량을 1로 하였을 때 토양보전농법을 적용하여 감소되는 토양 유실량의 비로서 나타낸다.

실질적으로 경사지에서 토양 유실을 억제하는데 있어서 작물경작 인자는 매우 중요한 의미를 갖고 있다. 왜냐하면 강우인자는 고정되어 있으며 토양침식성 인자는 토성의 특성에 따라 변하고 식생피복인자는 작물별로 식생피복 유형에 따라 차이가 있다. 그러므로 토양유실 방지만을 고려하여 토양특성이나 식생피복을 선정한다는 것은 곤란할 때가 많다. 그러나 토양보전인자는 제한 요인이 거의 없고 적절한 토양관리에 의해 토양 유실량을 줄일 수 있으므로 토양 보전에 절대적

표 3. USLE P Factors for Different Land Uses and Slopes (박철수, 1999, 2002)

Land use	P Factor	
Paddy land	0.2	
Upland	Slope	P Factor
	0%-2%	0.60
	2%-7%	0.50
	7%-12%	0.60
	12%-18%	0.80
	18%-24%	0.90
	24%-30%	0.95
>30%	1.00	

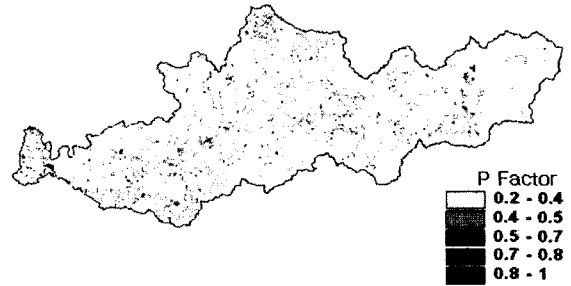


그림 4. USLE P Factor for HongCheon County

인 영향을 미친다. 본 연구에서는 박철수(1999, 2002)에 의해서 제안한 작물경작인자를 토지이용과 경사도에 따라 이용하였다. 표 3은 토지이용별 작물경작인자 값을 나타내고 있으며, 밭의 경우 등고선 경작방식을 택한다는 가정 하에 경사도에 따른 작물경작인자 값을 나타낸 것이다.

그림 4는 연구지역의 P인자 값의 범위를 보면 0.2~1로 경사면의 상하경 방향 경사지에서의 범위를 나타낸다.

연평균 토양유실량 산정은 강우침식능인자(R), 토양 침식성인자(K), 경사와 경사장 인자(LS), 식생피복인자(C), 작물경작인자 (P) 등 총 6가지 인자를 곱하여 구하였다. 본 연구에서는 식생피복인자값을 작물별로 달리 하여 계산된 연평균토양유실량을 비교 분석하였고, 농업과학기술원에서 분류한 기준과 OECD 농업환경지표 <표 4> 값을 근거로 토양유실 위험도를 양호(10ton/ha/year 이하), 보통(10-20ton/ha/year) 및 위험(20ton/ha/year 이상)으로 3단계 분류하였다.

나. USPED 토양침식량 분석

1) USPED 모델의 적용

USPED 모델을 홍천군 지역의 농경지에 토양의 침식 및 퇴적 지역을 모의하였다. 기존에 USLE 모델은 연구지역내에서의 토양유실량을 모의하는데 사용될 수 있지만 실제 자연에서는 유실된 토양이 하류지역으로 이동하면서 지형의 형상에 따라 퇴적이 일어나기도 한다.

표 4. National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAST) Classified Soil Erosion Vulnerability Indices and Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) Agricultural Environmental Indices for Soil Erosion Vulnerability.

Soil Erosion (ton/ha/yr)	0~2	2~6	6~11	11~22	22~33	33~50	50<
NIAST	Very Low	Low	Moderately Low	Moderate	Moderately High	High	Very High
OECD	Tolerable		Low	Moderate	High	Severe	

보다 효율적인 토양유실방지 대책을 세우기 위해서는 토양유실량 산정뿐만 아니라 상대적으로 토양유실 발생지역과 유실된 토양이 퇴적 되는 지역을 모의 하는 것이 중요하다. 이때 Lim과 Engel(2004)에 의해 개발된 USPED ArcView GIS 인터페이스를 이용하였다. 입력 자료는 USLE의 입력 자료인 R, K, C, P, 그리고 DEF을 사용하였다. UPPED는 식 (3)과 같이 유수와 함께 이동하는 유사흐름비율과 유사 운송능력, 강우특성, 지형 및 하천에 퇴적되어 저수 및 통수능력등 고려하여 토양 침식량을 계산한다. 본 연구에서는 새류침식이 주로 발생된다고 가정하여 홍천군내 토양의 침식과 퇴적을 모의 하였다.

Where  $D = \text{div } q = Kt[\text{grad } h] * S \text{ Sin}(b) - h[kp + kt]$  (3)

- D = Net rate of erosion / deposition
- K = Transportability of sediment ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
- h = water depth estimated from upslope area
- S = unit vector in steepest slope direction
- b = Slope in degrees
- kt = curvature tangential to a contour line projected to normal plane
- kp = terrain curvature in the direction of steepest slope

아래는 Transport capacity of the sediment 예측을 위해 사용되는 공식이다.

$T = R \cdot K \cdot C \cdot P \cdot A^m (\sin b)^n$

Where T = Transport capacity of the sediment ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

- R =  $i^m$
- i = intensity of the rainfall ( $\text{mm}/\text{hr}$ ) and
- m = an exponent
- K = MUSLE soil erodibility value,
- C = MUSLE cover factor
- P = MUSLE practice factor
- A = Area of the grid cell ( $\text{m}^2$ )
- b = Slope in degrees
- n = an exponent

### III. 결과 및 고찰

#### 1. USLE를 이용한 토양유실량 산정

USLE이 모의한 평균 토양 유실량은 평균작물인자 C Factor(0.2)를 적용하였을 경우 홍천군의 평균 토양유실량은  $45\text{ton}/\text{ha}/\text{year}$  값을 나타냈다. 이는 토양유실량이

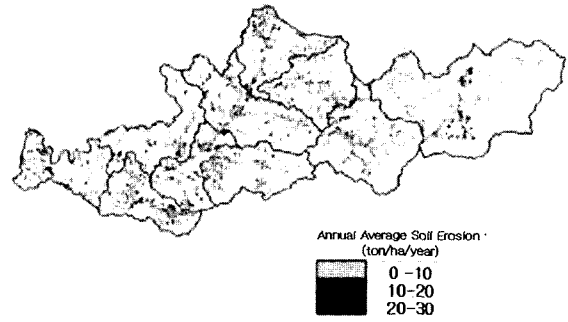


그림 5. Annual Average Soil Erosion for HongCheon County Using Average C Factor

많은 지역인 논과 밭만을 대상으로 USLE를 모의하였기 때문에 통상적인 토양허용유실량 기준(T-Value)인  $10 \sim 12\text{ton}/\text{ha}/\text{year}$ 와 비교해 볼 때 높은 수치이다. 홍천 지역의 토양유실량은 토립자가 모토 양에서 이탈되는 양을 의미하며 반면 유사는 이를 이탈된 토립자가 특정한 지점을 지나 배출되는 것을 의미한다.

그림 5는 경사지의 피복상태, 운작조건, 수확량의 수준, 재배기간, 경운방법, 작물잔재상태, 강우분포 등을 복합적으로 고려한 여러 작물들의 식생피복인자 평균치인 0.2를 적용하여 발생한 홍천군 농업지대의 연평균 토양유실량 분포를 나타낸 것이다.

표 5는 평균작물, 옥수수, 그리고 감자를 재배 했을 경우 농업과학기술원과 OECD 농업환경지표에 따라 분류된 토양유실 발생 취약성을 나타낸 것이다.

옥수수를 재배했을 경우 27%의 비율에 대해 토양유실발생이 “High”로 분류 되었고 평균작물을 재배했을 경우 24% 비율이 “High”로 분류 되었다. 그러나 옥수수 재배시 평균토양유실량은  $105\text{ton}/\text{ha}/\text{year}$ 인 반면 평균작물 재배시는  $45\text{ton}/\text{ha}/\text{year}$ 이고 감자작물 재배시는  $67\text{ton}/\text{ha}/\text{year}$  나타난다. 그래서 옥수수를 재배시 토양유실량이 다른 작물을 재배했을 때보다 크게 나타났다.

표 5. Soil Erosion Vulnerability Indices (SEVI) for HongCheon County

C Factor	Max.	Min.	Avg.	SEVI
	(ton/ha/year)			
Paddy : 0.06				High : 24%
Upland : 0.2 - Average	2345	0	45	Moderate : 3% Low : 73%
Paddy : 0.06				High : 26%
Upland : 0.3 - Potato	3516	0	67	Moderate : 2% Low : 72%
Paddy : 0.06				High : 27%
Upland : 0.47 - Corn	5509	0	105	Moderate : 1% Low : 72%

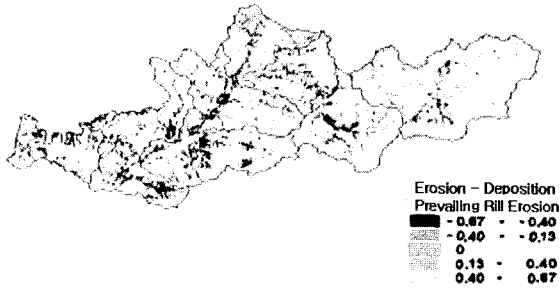


그림 6. Erosion-Deposition Area distribution for HongCheon County

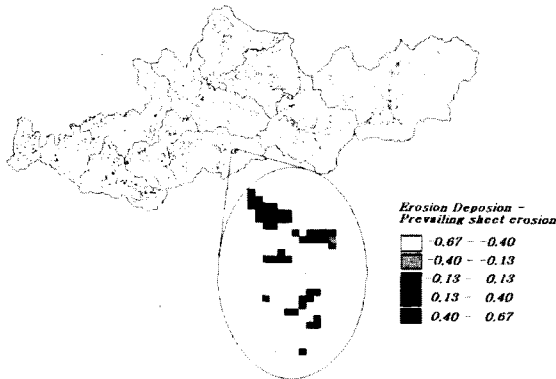


그림 7. Zoomed Erosion - Deposition Area distribution

이 연구 결과를 강원대학교 농장에서 토양유실량을 실험한 결과 값과 연동해 보아도 옥수수 재배시 평균토양유실량이 타 작물을 재배하였을 경우 유실량이 크다는 것을 보여 주고 있다(주진호 등, 2002).

## 2. USPED를 이용한 침식-퇴적 지역 예측

그림 6은 USPED 모델을 이용하여 모의된 홍천군내 농경지에서의 토양침식-퇴적 예상지역을 나타낸 것이며, 값의 분포는 -1~1이다. USPED 예측 값이 -1에 가까울수록 토양침식이 많이 발생한다는 것을 의미하며 1에 가까울수록 유실된 토양이 퇴적이 많이 발생되는 지역이라는 것을 의미한다.

그림 7은 그림 6의 침식-퇴적 지역의 한 지역을 확대한 부분이다. 아래 그림<그림 7>의 검은색(0.40~0.67) 부분은 지형의 형상에 따라 퇴적이 많이 일어나는 지역이며, 이 지역은 주로 논 지역이다. 하얀색(-0.67~-0.40)지역은 주로 밭 지역이며, 이는 경사지에 위치한 밭에서 주로 침식이 일어나는 지역이다.

## IV. 결론

홍천군 지역에 USLE 모델을 적용한 결과 모의한 연

구지역의 평균 토양유실량은 평균작물인자 0.2를 적용했을 때 45ton/ha/year값을 나타냈다.

작물에 따른 C값의 토양유실영향 평가를 위해 밭에서 일반적으로 재배하는 여러 작물들에 대한 평균적인 작물인자 값인 0.2와 감자작물의 C인자 값 0.3 그리고 옥수수작물의 C인자 값 0.47을 적용하여 비교한 결과 키가 큰 옥수수를 단작하는 경우 C값 증가로 인해 토양유실 위험지역비율이 높아지는 반면키가 작고 지면피복이 잘되는 작물은 C값이 0.2~0.3으로 옥수수보다 작기 때문에 C값 감소로 인한 토양유실위험지역 비율이 감소됨을 알 수 있었다. OWED 환경지표와 농업과학기술원의 토양유실위험 분류표를 참고하여 토양유실 위험 지역을 20ton/ha/year 이상으로 정하였고 위험군에 속하는 지역의 비율은 24%로 나타났다. 따라서 토양유실 저감대책을 세울 때 토양유실이 많이 일어나는 농지에 대해 적절한 작물을 재배함으로써 토양유실을 줄일 수 있음을 알 수 있었다.

유실토양을 USLE로 분석하였지만 실제 자연현상에서는 유실된 토양이 하류로 이동되다가 퇴적도 일어나기 때문에 효율적인 토양유실방지대책을 세우기 위해서는 위험한 강우계절에 빗방울의 타격으로부터 보호하고, 흙 속으로 강우의 침투를 촉진시켜 되도록 이면 지표유출수를 감소시키며, 집중되는 지표유출수는 안전하게 흘러내릴 수 있도록 배수로를 정비하고 유속을 느리게 함으로써 하류에 피해를 주지 않도록 해야 한다. 하지만 현실적으로 토양유실을 조절하기 어렵기 때문에 지형의 형상에 따라 퇴적지역이 일어나는 곳과 침식발생지역을 알아보는 것이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 USPED 모형을 이용하여 홍천군내 농경지에 대해 토양의 침식 및 퇴적 지역을 모의하였다. 모의 결과 논 지역은 주로 평지에 위치해 있기 때문에 토양의 침식보다는 유실된 토양이 이동되어 퇴적되는 것으로 나타났고, 밭중에서 대부분의 경우 퇴적보다는 침식이 많이 일어나는 것으로 나타났다. USLE 모의 결과 토양유실 발생가능성이 많은 지역도 실제 자연에서는 유실된 토양이 이동되어 퇴적되는 경우가 있을 것이다. 이 USPED 결과는 침식지와 같은 토양유실방지 시설을 설치하는데 필요한 위치를 결정하는데 효율적으로 사용될 수 있을 것이다.

## 참고문헌

1. 구본준, 2002, 농촌소유역의 토양유실량 예측을 위한 RUSLE의 적용성 검토, 강원대학교 석사학위논문
2. 권형중, 박근애, 김성준, 2002, GIS 및 다시기 RS 자료를 이용한 토양손실량변화 및 이동경로추정, The

- Journal of GIS Association of Korea 10(1) : 139-152
3. 김상욱, 1995, 토지이용변화에 따른 경안천 유역 토양유실에 관한 연구, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문
  4. 김윤중, 김원영, 유일현, 민경덕, 류주형, 이영훈, 1993, GIS를 이용한 충주호주변의 비점원 오염 분석 연구, 한국GIS 학회
  5. 농지보전, 농지공학, 249-259, 향문사
  6. 박무중, 손광익, 1998, 토양침식의 발생 원인과 분포특성, 한국수자원학회지
  7. 박철수, 1999, 울문천 소유역에서 토지이용에 따른 불특정 오염 Monitoring, 강원대학교 석사학위논문
  8. 박철수, 2002, 고랭지 농경지의 유실방지를 위한 토양관리 방법, 강원대학교 박사학위논문
  9. 정영상, 권영기, 임형식, 하상건, 양재의, 1999, 강원도 경사지 토양 유실예측용 신 USLE의 적용을 위한 강수 인자와 토양 침식성인자의 검토, 한국토양비료학회지 32(1) : 31-38
  10. 정필균, 고문환, 엄기태, 1985, 토양유실량 예측을 위한 작부인자 검토, 한국토양비료학회지 18(1) : 113-114
  11. 주진호, 정영상, 김정재, 박철수, 양재의, 2002, 내린천 상류 농경지의 모재성토 특성과 유출 저감 방안, 강원대학교 농업과학연구소
  12. Foster, G. R., K. G. Renard, D. C. Yoder, D. K. McCool, G. A., and Weesies, 1996, User's Guide, Soil & Water Cons. Soc.
  13. Lim, K. J. and B. A. Engel, 2004, Development of the USPED ArcView GIS Interface for Erosion Control Planning Dept. Research Report. Ag. and Biological Eng, Purdue Univ., IN, USA.
  14. Mitasova, H., Hofierka J., Ziocha M., and Iverson R. 1996, Modeling Topographic Potential for Erosion and Deposition using GIS. Int'l Journal of Geographical Information Science 10(5) : 629-641
  15. Mitasova, H. and Mitas L., 1999, Erosion/deposition Modeling with USPED using GIS. <http://www2.gis.unic.edu:2280/modviz/erosion/uspde.html>.
  16. Moore, I. and G. Burch, 1986, Modeling Erosion and Deposition: Topographic Effects. Trans. of the ASAE 29(6) : 1624-1630
  17. Renard. K. G., G. R. Forster, G. A. Weesies, D. K. McCool, and D. C. Yoder, 1997, Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA-ARS Agr. Hb. 703 : 384
  18. Whischmeier, W.H. and D. D. Smith, 1978, Predicting Rainfall Erosion Losses; A Guide to Conservation Planning. USDA Agr. Hb. 537 : 58
  19. Williams, J.R., 1975, Sediment Yield Prediction with Universal Equation using Runoff Energy Factor. In: Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yield and Sources U.S Department of Agriculture, Washington, D.C. 244-252
  20. Wischmeier, W. H. and D. D. Smith, 1965, Predicting rainfall Erosion Losses from Cropland East of Rocky Mountain, USDA. Agr. Handbook, 282